

高等学校生物Ⅱにおける課題研究の指導

佐久間瑛二¹ 広野 樹¹ 海藤 是夫¹
高沢 盛一² 井利 周治³ 小林巳癸彦⁴

本年度から生物Ⅱの授業が新しく実施されたが、これに伴いカリキュラムの中に課題研究をどのように位置づけたらよいか、またその具体的な実施方法はどうかあったらよいかなど実践を通して早急に解決しなければならない事項が多くあった。本研究では、年度前半期において、可能な限り生徒の自主的活動と探究の意欲を尊重した課題研究を進めた結果、生徒に研究の過程に対する理解と、問題解決した喜びが予想以上に高まり、これが生物Ⅱの学習により有効にはたらくと述べている。また付随して生じる問題点をも列記している。

はじめに

現代の理科教育においては、基本的な科学知識を学習させるとともに、探究の過程をふんで科学の方法や自然に対する見方・考え方を体得させることを主なねらいとしなければならないことに異議はないであろう。

高等学校の生物Ⅱでは、生物Ⅰの学習内容を基礎として生命現象について更に深く、広く理解させ、総合的な知識を得させることを第一のねらいとしているが、それにとどまらず、課題研究における探究の過程を通して科学の方法等を体得させることが必要とされるわけである。

しかし、授業の一環としてこのような課題研究を指導することは初めてのことであり、指導に当たって予想されるさまざまな問題点を解明するための実践的な研究が望まれていた。われわれは本年度、授業を通して実際にこれら指導上の問題点を探り、望ましい指導のあり方について検討してみたので報告する。

1 研究の経過

本年4月に共同研究者が決定し、5月から研究の方向や課題研究指導のあり方について討議が重ねられた。具体的な指導方針について意見の一致をみたので、これに基づき、三校において6月から10月にわたって授業を進めた。これらの指導の結果については、そのつど反省をし、更に望ましい指導のあり方について検討を加えまとめたものである。

なお、三校における生物Ⅱの選択状況、及び授業実践の対象としたクラスは次の通りである。

県立直江津高等学校	……生物Ⅱの選択者	23名(対象クラス)
県立柏崎高等学校	………	125名(3クラス),このうちの文理系クラス(40名)
県立加茂高等学校	………	69名(2クラス),このうちの理科系クラス(33名) (対象クラス)

1 新潟県立教育センター

2 新潟県立直江津高等学校

3 新潟県立柏崎高等学校

4 新潟県立加茂高等学校

2 指導の考え方と具体化

(1) カリキュラムへの位置づけ

課題研究実施にあたり、その必要性と可能性について次の三点を考慮し実施することにした。

- (a) 課題研究のねらい……われわれをとりまく科学文明は高度に発達している。しかしそのしくみについて、なぜ?と疑問をもつ生徒は少なく、受験のため内容暗記に走っている場合が多い。そのような現状で身近な自然事象に目をむけさせ、その理法(本質)を学びとらせる必要がある。そのためには自然探究心を育成することが大切であり、生徒の興味、個性、能力を考慮しながら指導し、生徒自身がテーマを探し長期計画で実施するなかから、自然のしくみの難かしさや複雑さを感じとらせるところにねらいがある。
- (b) 課題研究のもつ性格……従来の実験と違う点は、生徒自身が計画をたて比較的長時間をかけ継続研究を行えることである。失敗をくり返し、悩みながら問題解決していくなから科学の方法を学び、探究心及び見方や考え方が育つものと信じる。放課後や夏休み等の課外活動はできるだけさけたいと考えたが、研究を開始すると予想以上に生徒の活動は活発で自主的な授業外活動も目についた。
- (c) 生徒の実態……対象となる生徒は、生物Ⅰを履習した選択者である。それ故に生徒の興味や意欲が感じられた。しかし生物Ⅱは3年生で履習するため、大学受験に対する圧迫感があるから、時期はできるだけ早目に実施し、あまり長期間にならないようにする必要がある。

以上の観点から、実施期間はできるだけ1学期中に終るように、また週3時間のうち1時間を課題研究にあて、授業時間としては10時間を予定した。しかし、われわれの事情もあり実際の実施状況は表1のようになった。

(2) 研究テーマと決め方

(a) どんなテーマが適当か

テーマの選び方は、課題研究に対する生徒の興味や関心を高め研究が積極的に進められるか否かの大きな要素となるので慎重に扱う必要がある。そのためテーマには、生徒の興味や関心の高いものが選ばれることが基本となろう。しかし、単なる興味や思いつきで選ばれたテーマは実を結ばない。カリキュラムへ位置づけられた研究であるので、予定期間内にある程度の結論のひきだしが予想されるものであることが条件の1つとなろうし、さらに探究の過程をたどりやすく、継続性、発展性のあることや生徒の発達段階、自校の施設・設備も考慮されたテーマでなければならない。光合成の研究などは設備等の面からも、また今までの学習で基礎的知識があることなどからも、研究が自主的、積極的に進められた例である。

研究対象、材料の面から考えると、対象や材料が身近にあり、採集や飼育が容易であることが大切である。したがってテーマを選ぶ場合、研究の実施時期(季節)も考えなくてはならない。今回の発光バクテリアの研究は、時期的にバクテリアの入手に困難をきたしたし、イカの発光バクテリアの培養も高温の季節では困難で研究に苦労した。一方比較的成功したことは、テーマに地域性を生かした場合である。加茂山の植物調査は生徒の郷土の自然に対する愛着も手伝って、研究が進むにつれ関心が高まり成果があった。このような身近な郷土の自然に対象を求めるのも1つの方法であろう。

また多少クラブ活動的色彩があるかもしれないが、今後実践を積み場合生徒の意向を集約した大テーマを1つ選び、そのテーマに関連したいくつかの研究事項を年度ごとのテーマとし、3~4年計画で大

表1 課題研究実施日程

月日	直江津高等学校	柏崎高等学校	加茂高等学校
5. 17	テーマ決定に資するアンケート配布	テーマ決定に資するアンケート配布	テーマ決定に資するアンケート配布
21	アンケート集計	アンケート集計	アンケート集計
27		生徒に提示するテーマ決定	
6. 2	テーマ提示・決定・班編成	テーマについて希望調査	
4	ねらい・研究実施計画作成	テーマ決定，班編成	テーマ提出，決定，班編成
9	実施計画作成及び予備実験	研究のねらい，実施計画について班長集合，指導	
11		班毎で研究計画検討	
16	実験開始	器具，薬品の準備，記録ノートのとおり方指導	ねらい，研究実施計画作成
21		予備実験開始	ねらい，実施計画の提出指導
26			器具・薬品準備，予備実験
7. 2	中間報告提出	今までの実験結果の整理，反省・計画の手直し	予備実験及び実験開始
15	計画の手直し		今までの経過報告及び今後の計画について提出
16	夏休み中の研究計画の指導	夏休み中の研究計画立案提出	今後の実験計画の指導
19			夏休み
21	夏休み	夏休み	夏休み
8. 31	多い班6日，少ない班1日 登校（1日1時間30分）	多い班16日，少ない班7日 登校（1日1時間30分）	多い班8日，少ない班2日 登校（1日2時間位）
9. 16	実験終了，レポートの書き方指導		
27	発表準備	実験終了	実験終了・レポートの書き方指導
29		班長集合，レポート形式指導	
10. 2			実験結果のまとめ，発表準備
4			班別レポート提出
6	発表会	班別レポート提出，発表準備	発表準備
9		発表会	
11	個人レポート提出		
13	班別レポート提出，反省文提出	発表会	発表会
16			発表会
17		課題研究の反省	
20	発表会		発表会，課題研究の反省
22	10月20日発表班員の班別及び個人別レポートの提出		
24		反省の集約	反省の集約
27	事後指導		

各高校名	直江津高等学校	柏崎高等学校	加茂高等学校
時間数			
総授業時間数	14 時間	14 時間	13 時間
授業外時間数（各班毎の平均）	13 時間	12 時間	10 時間
計	27 時間	26 時間	23 時間

テーマを完了するというのも，指導計画に留意すれば適当なテーマになるものではなかろうか。

(b) テーマの決め方

テーマの決定から研究計画の立案までの過程について、次の5つの型を考えた。1つは教師の指導優先型で、①教師がテーマとそのねらい、研究計画まで決めて、それに従って生徒が実践する。②教師が用意したいいくつかのテーマの中から希望テーマを生徒に選択させ、ねらいや研究計画について指導する。③教師がいくつかのテーマにそのねらいまでつけて提示し、その中から選択させ、研究計画だけ生徒に立てさせる。他方生徒の自主性優先型としては、④生徒の興味・関心を調べていくつかのテーマを提示し、その中から選択させ、ねらい・研究計画は生徒に決めさせ教師は最終的に指導調整する。⑤テーマの決定・ねらい、研究計画等一切生徒にさせる。

これらのうちから、今回はテーマ決定から研究計画の立案までの過程について、自主性尊重をたてまえとしながらも諸条件や生徒の実態を考慮して④の型によった。そこで最初に生徒に対して次のようなアンケートをとった。

アンケート	組 番 氏名
1 生物について、今までの学習(小, 中, 高での学習)や日常経験の中で特に興味をもっている事項を3つあげなさい。(例), コウボ菌の無気呼吸	
2 そのうち、これから行う生物Ⅱの課題研究のテーマとして研究してみたいことは何かを1つだけ具体的にかけなさい。(例), コウボ菌の発酵に対する基質濃度, 温度, pH等の影響	

このようなアンケートの集約結果をもとに、さらに各校で施設・設備や学校のおかれている現況などを考え、8~10のテーマを生徒に提示し、その中から選択させることによりテーマ決定と班編成を行った。最終段階における教師の指導と調整は、希望者少数の場合の班の整理や男女の組み合わせの考慮、テーマに対するねらいや計画の著しく不備な点の指導などにとどめた。

表2 各校のテーマと主な研究項目および班構成

	テーマ	主な研究項目	班構成
直江津高等学校	(1)校地内土壌中の小動物及び土壌の生態的機能	○環境調査○各層毎の小動物の出現数○各層毎の腐植度調査○土壌生物の水平, 垂直分布	男4
	(2)カイコの血液の研究	○温度と呼吸量, 心搏数○血球の種類と捕食作用○血液の恒常性	男3 女2
	(3)ショウジョウバエの飼育交配と遺伝法則	○各種形質のショウジョウバエの正逆交配のF ₁ , F ₂ の個体数と理論	女5
	(4)コウボ菌の物質交代を調べる	○培養液の種類と個体の増殖○酵母菌の分解と消費○ショ糖の加水分解作用	女5
	(5)発光生物の研究	○発光のしくみ○発光ランプ○発光細菌の増殖と培養基	女4
加茂高等学校	(1)加茂山の植生調査	○高木, 亜高木の分布図○群落調査○群落内の微気候	男1 女4
	(2)植物の成長とホルモンの関係	○オーキシンとコレウスの実験○オーキシンとカラスミギの実験	女5
	(3)原形質分離と復帰	○原形質分離, 原形質復帰と細胞の種類, 溶液の種類, 濃度	男2 女3
	(4)土壌中の動物群集調査	○加茂山の土壌動物の垂直分布○植生, 土質と小動物○土壌動物の生活型, 食性	男3 女2
	(5)体色変化とそのしくみ	○色素胞の種類○体色変化と光, 温度○色素胞とホルモン	男6
柏崎高等学校	(6)腸, 陰性植物の光合成	○光の強さ, 温度と光合成速度○呼吸量の測定	男5 女2
	(1)カビの培養と生活史	○ミズカビの培養と栄養源, 水温, pH○形態観察○生殖器和生殖法○ミズカビの分類	男4 女4
	(2)池の生態系の研究	○環境要因とプランクトンの分布○食物連鎖○生産量測定	男7
	(3)光合成の研究	○光合成と光の強さ, 温度, CO ₂ 量○明, 暗反応○光合成量と個体数変化	男3 女3
	(4)植物成長ホルモンのはたらき	○発芽及び成長とホルモン, ビタミン, アセトアルデヒド○ホルモンと運動	女7
	(5)アルテミアの発生, 孵化と環境に対する反応	○塩分, 水温, pHと孵化率○形態と機能○刺激に対する反応	男5 女1
柏崎高等学校	(6)体色変化とそのしくみ	○色素胞の種類○光と体色変化○体色変化の日周性○色素胞に対するホルモン, 塩類の作用	男4 女2

(3) 研究の指導

(a) 指導の基本態度

課題研究では、生徒の自主性を尊重し生徒自身がそのテーマの設定から研究計画を綿密にたて、絶えず思考しながら研究をすゝめていく過程を重視することが大きな特徴である。従って、教師は研究計画の立案、準備等もできるだけ一歩さがって指導する立場をとってきた。生徒が研究する場合いろいろの点で知識が十分でない。そのため生徒の能力にあったものをできるだけ準備し、教師に聞くより文献を参照したり自然に問うことを学習の基本として指導してきた。研究には予想をたてゝ行うことや対照実験の必要性を考えさせ、結果が予想に反した場合、その解釈と反応にもとづいて、失敗から工夫へと学習が発展していくように指導した。

学習形態には種々あると思うが、生徒の自主性や協力的態度を養うためと教師の指導面からも考えて、個人研究よりもグループ研究の方法を取り入れた。班長をきめ、できるだけ班長をとおして指導助言を行うようにしたが、その内容や構成員等を考えて、直接班員全体を指導したこともある。テーマによっては、各研究項目ごとに班内で研究分担制を取り能率的に実験を行うようにもした。また、自主的研究でもあるため、やゝもすると研究の方向がねらいをそれたり、技術的不馴れから間違ったデータを出して、気付かなかったりすることが予想されたので中間報告をさせ、研究の内容やすゝめ方、実験の方法等について確かめ、常に適切な助言をするようにした。課題研究は授業の一環でありクラブ活動とは違うことをわきまえて実施するよう指導した。

(b) 各段階ごとの指導の配慮

テーマのねらい達成のため研究項目をどのようにするかについて、グループ内で班長を中心に相談させ、さらに教師が班長を指導して最終的に決めるようにした。

(ア) 計画段階

計画立案にあたって指導した主な事項は、次の通りである。(1)研究実施の配慮。研究全体をみとおして項目の研究順序をよく考えること。○時間配分を考慮して予備実験をおわり、本実験に入ること。○長期観察を要するものは早目に始めること。(2)器具、薬品、材料等は生徒が自主的に揃えるが、不足なものは各班ごとで融通しあうよう計画すること。(3)実験材料は容易に入手し、飼育できるもの、飼育管理の容易なものを用いること。(4)各班では実験ノートを一冊ずつ準備し、的確な記録をとること。(5)継続研究の性格なので放課後や夏休みにも実験する場合もあるから、それを考慮して計画をたてること。

(イ) 研究段階

われわれの基本的態度としては、生徒が研究過程でもつ疑問や生じたつまづきについて、積極的に随時教師に相談するよう指導した。また、各班の研究が、ねらいにそっているかどうかみさだめるため、中間報告をもとめ必要に応じて軌道を修正した。

指導助言の具体例としては、次のようなものがあった。①栽培飼育の条件について：カラスムギの発芽が悪く、研究が遅れがちなので、時間をずらして種子をまき継続実験を可能にした。夏休み中のコレウスの栽培——各家庭に持ち帰って管理させた。アルテミアのふ化率がなぜ悪いか——卵の吟味、海水の吟味を指示した。水温が高く発光バクテリアが採集できず、その間ホタルの発光について研究させ

水温が下ってから採集させた。シヨウシヨウバエの飼育時に高温なので、ビニール管を飼育箱の中にとおして、水道水を流し温度調節をするよう指示した。②実験器具使用と原理について：文献をもとに指導した(メタボリックマノメーター、血球計算盤、マイクロメーター等の使用法)。③実験方法について：予備実験をとおして習熟するよう指導した(光合成の明反応に用いるインジゴカーミン法、菌糸やコロニーの生体染色法、植生調査法、階層構造の模式図及び被度のグラフ化、カイコの血糖量やグリコーゲン量の測定法)。④器具の自作について：(透明板、暗室代りの暗箱、低温器——冷蔵庫のドアをはずしてアクリル板をはる)。⑤実験室の利用について：実験器具の種類と各班の研究テーマの関連性や性格等を検討して配置場所を決定した。

(ウ) まとめの段階

研究の成果をまとめるにあたって、各班長を集めてまとめの骨子を「テーマ——ねらい——研究項目——方法——結果——考察と反省——参考文献」とするよう指導した。また、実験データを整理し、図表で表示するようにすること。図は結果を正確にあらわし、よくわかるような工夫をすること。項目の記述順を考えて、テーマについて一貫した流れを考慮するよう指導した。

(エ) 発表(報告)

研究内容をよく理解してもらうために、OHPやチャートを利用させた。また、研究方法、結果、考察を中心とし、推測や感想はなるべくはぶいて、限られた時間内に発表できるように指導した。なお、一課題の発表時間は15分とし発表要旨も配布させた。

(4) 評価の方法

課題研究は、基本的には授業の一環として、カリキュラムへ位置づけた研究であるので、学期成績に組み入れた。そのとき研究結果だけを見るのではなく、テーマの選び方、テーマに対するねらいが適切かどうか、ねらい達成のための方法の選定はどうか、などの研究の過程を重視した。

評価にあたり、班別レポート、個人別レポート、研究発表、授業時の研究状況の観察を資料として用いた。評価の観点としては、次のことを重視した。①班別レポート：実験方法、実験のつまづきに対するくふう改善、文献の利用度、研究のすすめ方、データのまとめ方、結論のひきだし方等。②個人別のレポート：個人の参加度、研究への意欲、協力性、アイデア、自己評価等。③発表会：研究内容を自分のものとしてつかんでいるか。データの表し方、全員に理解されるよう発表方法を工夫したか、きめられた時間内に内容を正しく伝えたか等。④授業時の研究状況の観察：参加度、研究態度、チームワーク等の観察。これらを総合して評価した。

3. 生徒の研究記録

3つの高等学校で合せて17テーマ研究がなされたうち、6テーマを選んで次に参考例として記載する。紙面の都合で研究内容の詳細は省き、概要を記述する。

テーマ1 カイコの血液の研究

ねらい

無脊椎動物のカイコの血球の観察や血液の働きについて調べる。

研究経過 ()中は研究に要した時間。

テーマの決定と班編成(1)、班の研究計画(2)、予備実験(1)、温度変化と心臓の搏動数の測定(2)、心臓の

観察(1)、血球の種類の観察(3)、血糖量とグリコーゲンの定量(4)、まとめ(3)、発表(1)

実験器具、薬品、材料

ビーカー、ピペット、試験管、温度計、アルコールランプ、解剖器、遠心分離器、天秤、検鏡用具、マイクロメーター、ワセリン、0.01%ブドウ糖溶液、0.6N過塩素酸溶液、80%フェノール溶液、飽和塩化カリウム溶液、濃硫酸、30% KOH溶液、 C_2H_5OH 、0.5%食塩水、蒸留水、カイコ

結果

表3 温度変化による搏動数

温度(℃)	搏動数 回/分
10.0	36
20.0	47
24.5	54
30.0	61

(1) 心臓の搏動

カイコの背部に心臓があり、血液は体の後方より頭部に向かって流れている。搏動数の実験では5令のカイコを用い温度を変えて行なった。

実験結果は表3の通りである。また、気温24.5℃で第9気門を塞ぐと搏動数は減少した。カイコの搏動数は気温や呼吸量の影響を大きく受けていることがわかった。

(2) 心臓の観察

5令のカイコを解剖して心臓を観察する。背面中心線の皮膚の真下に薄い膜で出来ている背脈管があり、その後方は太くて、背脈管の左右に三角形の扇状筋が8対あって、頭部の方は細くなり扇状筋がなく管状になっている。背脈管は薄い膜になっているので、内部の弁や弁孔などは、はっきりしなかった。扇状筋には気管が分布していた。

(3) 血球の種類と観察

カイコの腹肢の先端を少し切り、不純物を含まないきれいな血液を採血して検鏡する。そのまゝでも見えるが、ギムザ液とチュルク液で染色した。ヒトの赤血球はチュルク液で破壊されるが、カイコの場合、血球は破壊されずよく観察された。血球の観察では、4種類が観察されたので特色をあげてみる。①原白血球(6~16μ)は球形で細胞の中心に大きな核がある。②プラズマ細胞(16~30μ)は紡錘形をしており発見しやすいが、すぐ変形して、先端がちぢみ八方に原形質の突起を出す。核も大きい。③小球細胞(8~20μ)はスライドガラスを動かすと転って、いつまでも浮遊する。細胞の中に小球が沢山みられる。④顆粒細胞(8~16μ)は核が比較的小さく中に顆粒がみられる。文献によるとエノシトイドという大形の血球があるのだが観察できなかった。

(4) 捕食作用

捕食作用そのものを見るのが困難なので、墨をすって懸濁液をつくり、それを5令のカイコに多すぎると死ぬので、極く少量を内臓に傷をつけないように体節間膜のところから体軸に平行に注射する。注射後3時間で採血して調べたが捕食していなかった。6時間後のものでは顆粒細胞の中に環状の捕食像が確認された。12時間後のものでは一層よく観察できたが、顆粒細胞以外の血球では捕食像を確認することはできなかった。

(5) 血糖(トレハロース)量の維持と脂肪体内のグリコーゲン量の時間的変化を調べる。

実験には5令のカイコを用いた。正常のカイコと絶食6時間、24時間、48時間後のものについて調べた。

カイコの血糖量を調べるために0.01%のブドウ糖液をもちいて、フェノール硫酸法による標準比色管をNo.1~No.9まで作り、それからカイコの血液を採血して血糖量を定量した。カイコの血液0.5mlを遠心管に採血し、0.6N過塩素酸4.5mlを加えて遠心分離して蛋白質を除き、その上澄液を0.1mlと0.2mlをそれぞれの試験管にとり、蒸留水を加えて両方とも2mlとし、両試験管に80%フェノール液0.05mlを加え、さらに硫酸5mlを加えて発色させ、約10分間放冷してからどの標準比色管と一致するかを調べ、次に血糖量を計算した。(計算法は省略)

その結果が表4の血糖量である。正常カイコより絶食6時間後のものゝ血糖量が増加しているのでその血糖はどこからきたかを検討し、グリコーゲンからの供給と予想をたて、文献を参考にして脂肪体中のグリコーゲン量を定量した。

血糖量を定量した個体を解剖して皮下脂肪をできるだけ全部とり水洗して精密天秤で秤量し、30% KOH溶液を加えて加熱し、無水アルコールを加えて水冷しグリコーゲンを得る。それを更に遠心分離して飽和塩化カリウム溶液と、無水アルコールを加えて加熱し、遠心分離してグリコーゲンを純化して、血糖量の場合と同様フェノール硫酸法で、発色させてグリコーゲン量を算出したのが表4のグリコーゲン量である。

血糖量は、正常カイコでは0.3mg、絶食6時間では3.5mgでまし、絶食24時間では20mgに減少している。グリコーゲン量は正常カイコで0.6mg、絶食6時間で0.55mg、24時間で0.45mgと減少しつつきていた。このことから脂肪体のグリコーゲンから供給されて、血糖量を維持している

表4 血糖量とグリコーゲン量

絶食時間	血糖量 $\frac{mg}{ml}$	グリコーゲン $\frac{mg}{g}$
正常時間	3.0	0.60
6 時間	3.5	0.55
24 時間	2.0	0.45
48 時間	1.5	0.10

と思われる。しかし、絶食6時間でなぜ血糖値は増加したかについては、表4からはわからないので文献を調べた。それによると絶食の初めはグリコーゲンが急激に減少するが、ブドウ糖は比較的減少しないので、一時的に血糖量が増加するということであるが、表4の絶食6時間、24時間でグリコーゲン量がおおすぎるので、確認のための実験をしたかったが、最終掲立の5令蚕であり実験できなかった。絶食24時間後から死亡するカイコが増加し始めていた。それは栄養不足によると思われる。

(6) まとめ

カイコの心臓は、循環式水槽の役割をしているが、外界の影響を敏感に受けやすいことや脊椎動物の白血球に似た血球が数種類あり、その中の顆粒細胞は防禦作用の1つと考えられる捕食作用を行ない、更に血液は血糖量を一定に保とうとする恒常維持の働きのあることがわかった。

教師の批評

血糖量の研究から予想外のグリコーゲンの定量化へと発展して時間を多く使ってしまった。小動物から資料を得るので量が少なく誤差のないよう計量させ、また、危険な薬品を使用するので取り扱いに十分注意するようにした。生徒はグリコーゲンの定量でのいきづまりや計算でのつまづきなどもあったが興味をもってよくやった。実験用カイコは蚕業指導所より無償でいただいたものであり厚くお礼申し上げる。

テーマ2 校地内の土壌中の小動物及び土壌の生態的機能の調査

ねらい

土壌中の小動物や微生物がどのような場所にすみ、どのような働きをしているかを調べ、生態系における土壌のもつ役割を調べる。

研究経過

テーマの設定と班編成(1)、班の研究計画(2)、予備実験(2)、環境調査：地層の断面調査、地温の測定、pHの測定等(3)、小動物調査(4)、微生物調査(9)、葉の腐蝕度調査(2)、まとめ(3)、発表(1)

実験器具、薬品、材料

シャベル、ふるい、ビニール袋、広口ビン、ものさし、候鏡用具、スポイト、ペトリ皿、時計皿、温度計、pH測定器、土壌小動物分離装置、ビーカー、マジックペン、アルコール、ダミの葉

結果

砂浜から陸地に向って人手の加わっていない所や海岸からの距離を考えて、4調査地点を設け、各地点ごとに一辺が50cmの方形枠を作り、深さ40cmまでの土壌動物を調べた。また、各調査地の地上植生・地層の状態、地温、pH等の環境調査と植物の葉の腐蝕度調査を実施した。

(1) 各調査地点の環境

A 砂浜調査地 汀線より約10mの砂浜で細かい砂の下は、薄い砂鉄と小礫を含む砂層との互層であり、地下5cmと40cmの温度差は10.5度(9月初め)と大きく、トビムシを除いては定着できる動植物は殆んどみられなかった。

B 砂地調査地 段丘の上部で、土中は砂と小礫を含む砂層との互層であり、その上をシバ、コケの一種が覆い、コウボウムギ、アレチマンヨイゲサ、ヒメムカシヨモギなどが所々に生えており、水分や有機質が含まれ、地下の温度変化も比較的少なく生活条件が次第に安定していた。

C 中庭調査地 ドジョウツナギが密生している中にハマヒルガオ、マメゲンバイナズナ、ハマヒルガオ、ヨモギなどが少し入り、枯草が地面を覆い、有機物が多く保水力もあり、地下20cmの層まで土壌が発達し、その下は砂層となる。

D グランド調査地 ヤナギの下でメヒシバ、ドジョウツナギ、ヨモギなどが混生し、地下20cmまでは砂礫層で有機質も含まれているが、その下は古砂丘であり生物の分布がさえぎられている。

(2) 葉の腐蝕度調査

分解者である細菌類や菌類も土壌中に生息しているが調査が困難なので、土壌中で葉の腐蝕の割合からその生存量を判断し比較してみた。

腐敗の順位を比較してみると、最も腐敗のすすんでいたのは有機質の多い中庭の深さ20cmの層

で、次いで砂地の20cm、グラウンドの20

cmと中庭の5cmの層がやや腐蝕が少なく、中庭の40cmの層は砂層のためか意外と腐蝕しておらず、砂浜は最も腐蝕してい

なかった。
腐蝕度の調査では有機質が多く水分の多いところほど腐蝕がすすんでいた。

まとめ

表5でわかるように砂浜、砂地、中庭、グラウンド土壌動物には連続的な変化が明らかに認められる。特色あるものとして、全調査地にトビムシ、ダニ類。グラウンド、中庭にはワラジムシ、アリ。有機質の多い中庭にはミミズ。グラウンドでは古砂丘の上部のみに動物があり、ヒメミミズ、線虫などが出現した。

垂直的分布では、地表と地下5cmの層に種類も個体数も最も多く集中しており、昆虫類、クモ類、ワラジムシ、アリ、トビムシ等であり、地下20cm層ではダニ、トビムシと急激に種類、個体数も減少し、地下40cmの層では、中庭と砂地のみとなりごく少数となった。

海岸から内陸に向って土壌が発達し、地上植物も豊富となり、土壌中の有機質（栄養）の供給も増加し、同時に保水力の保持に役立ち、更に地中の温度変化も少なく、次第に、土壌中の環境条件が安定し、土壌動物や微生物の種類・量が内陸に向って増加していた。なお同一場所に生息する種類の中にはトビムシとダニのように食物連鎖に関係しているものもあった。

教師の批評

班員は1名であったが、調査には用具をもって移動するので人員は不足だったと思う。従って授業時間外の活動が多くなったが、生徒会役員や運動部員がおり特定の生徒に負担がかかった。初めよい参考書がなく困っていたが、よい参考書が入手できてからは、調査の能率が上がり、生徒が自信をもってよくやった。その結果を表や図として比較的よくまとめたが、その解釈に誤りが幾つかみられるので、それを指摘して正しく理解させた。なお、今回の調査は人員も少なく、調査範囲を広げることができず、調査地域も限られ、十分な資料が得られなかった。しかし、一つの傾向をつかむことができたので、来年度は今年の反省を参考にして、人員を増し継続して研究していく予定である。

テーマ3 光合成の研究

ねらい

緑色植物の光合成は、外部要因の変化によってどのように変化するか。またそのことが、緑色植物の生活にどのような影響をあたえているだろうか。

研究経過

6月11日：班長を中心に研究事項、研究計画について検討し立案

表5 各調査地の動物個体数

調査場所 動物名	砂浜		砂地		中庭		グラウンド	
	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上
ウンカ類		15						
ショウリョウバッタ		2		5				
エンマコオロギ				10				
オオヨコバエ				15				
ワラジムシ				4	8	25	18	
ミミズ				6	4			
アリ				25	4	35	35	
セアカゴミムシ						5		
オオトラフ コガネ幼虫			1		1		2	
クモ類		10	3	15	5	5	1	
ムカデ			2		2		1	
トビムシ目	44		7		6			
ダニ目	4		21		13		13	
結合綱			3				3	
膜翅目			3		8			
半翅目					5			
双翅目			1				2	
ヨシイムシ					2		4	
ヒメミミズ							17	
キイロクダ					3			
アザミウマ							8	
さなぎ(種名不明)								
その他			1		8		10	
動物名不明					6			

地上動物は(50cm×50cm)、地下の微小動物については土壌200ml中の個体数

6月16日・研究計画にしたがって器具・薬品の準備と予備実験の開始

7月3日・予備実験を含め、今までの結果の整理。反省と問題点の検討。夏休み中の研究について計画

7月21日～7月30日・原則として午前10時30分より12時まで、主としてCO₂濃度、温度と光合成に関する実験。光合成のしくみ(明暗反応)の予備実験

9月1日～9月25日・材料の組織・形態の調査。明暗反応等の光合成のしくみに関する実験。クロレラによる光合成と個体数変化の実験

10月4日・研究報告の提出

主な器具・薬品と材料

検容計(メタボリックマンオメーター)、簡易ミクロトーム、血球計算盤・照度計・顕微鏡・温度計、K₂CO₃・KH₂CO₃・インジゴカーミン・Na₂SO₃・クロレラ培養液・ブドウ糖・果糖・麦芽糖・乳糖・ヨウ素ヨウ化カリ液、ガラス器具・ドクダミ・シロツメクサ・クロレラ

結果

(1) 陽生植物、陰生植物の光合成速度に対する光の強さ、温度、CO₂濃度の影響

(a) 光の強さと光合成：メタボリックマンオメーターと光源として200Wランプを用い、CO₂濃度を867μM/1000cm³で一定にし、葉面積1cm²の材料について光の強さを変化させつつ光合成速度を測定した。10～15回の測定結果をまとめたのが図1である。ドクダミ、シロツメクサともに光が強くなると光合成速度は増す。また、今回実験した範囲内の光の強さでは、いずれの強さの光の場合でもドクダミの方がシロツメクサよりも光合成速度が速かった。

これはドクダミが弱い光のもとでも生育できるという自然界の事実を証明するものであろう。

(b) CO₂濃度と光合成：光源からの距離を35cmに固定してCO₂濃度を変化させ、それぞれの濃度における光合成速度を10回ずつ測定した。この光の強さにおいては、どのCO₂濃度の場合もドクダミの光合成速度が速かったが、CO₂濃度変化に対する光合成速度の変化量はシロツメクサの方が大きかった。

(c) 温度と光合成：光源からの距離を35cmとし、CO₂濃度を867μM/1000cm³にし、温度20℃、30℃における光合成速度を測定した。この温度範囲では温度上昇にともない光合成速度もほぼ比例的に増した。その際、速度増加率はシロツメクサの方が大きかった。

(2) 補償点と呼吸量

実験(1)の(a)の結果から、補償点はシロツメクサの場合光源からの距離が45cm(4300lux)、ドクダミの場合は光源からの距離90cm(1100lux)であった。一方呼吸量は検容計の変化量で表わすと、葉面積1cm²あたりドクダミの場合0.05/2min、シロツメクサの場合は、0.07/2minであった。(7回測定平均)

(3) 葉の組織構造と形態

ドクダミは葉面積が大きい、組織を顕微鏡すると細胞の形は規則的だが葉肉の発達にシロツメクサより悪く、すでに学んだ陰葉、陽葉の特徴が認められた。

(4) 光合成のしくみ(明・暗反応)について

(a) 明反応の実験：インジゴカーミン法を応用した。測定は還元された無色のインジゴカーミン液が、放出O₂により指標色調に還するまでの時間を測定した。その結果、ドクダミの場合もシロツメクサの場合も明反応は光の強さに比例することがわかった。また色調変化の認められない光の強さは、シロツメクサでは光源からの距離が45cm、ドクダミでは90cmで実験(2)の補償点と一致した。

(b) 暗反応の実験：材料植物を3日間暗室におき、同化デンプンが完全になくなったことを確認してから葉をとり、あらかじめ準備しておいたそれぞれ5%糖液に暗室中で浸し、24～48時間後にデンプン形成の有無を調べた。

得られた結果は表6に示した。同化デンプンのなくなった葉においてデンプン形成が認められたことから、光なしで糖からデンプン合成されることがわかった。この場合ショ糖からのデンプン形成が最も効率が良かった。文献によると、ブドウ糖について効率が良く記されているが、結果は異なっ

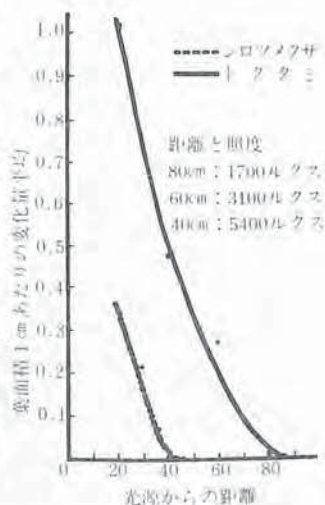


図1 光の強さと光合成

た。これは実験条件にもよろうが、材料差による差異と考えられる。

(5) 光合成と植物の個体数変化

クロレラを培養し、培養液 2 ml 中の個体数が 1,400 に達したとき、光遮断群と光照射群（1,800 lux）に分離し、個体数の変化を調べた。得られた結果を図 2 に示した。予想通り光照射群での個体数増加が著るしかった。一方光遮断群でも個体数増加の傾向は認められたが、増加速度は非常に小さい。光照射群で個体数の急激な増加ののち、やがて増加速度はにぶるが、この原因は時間的に追求できなかった。

以上の結果から光合成は植物の生育だけでなく、個体数の増減にも大きな影響を与えている事実を実験を通して知ることができた。

教師の評

男 3・女 3 の 6 名からなるグループで、班長は女子が務めたが、基礎的知識があったことも幸いしてか班長を中心に授業時間外も利用し、全員協力して熱心に研究した。ただ実験の中で量的なとらえ方に工夫してほしい箇所や実験回数不足の一面もみられた。

また無理な注文かもしれないが、もう少しねらい達成のための独創的な研究事項、方法が考えられると一層よかったと思う。

テーマ 4 アルテミアの発生一孵化と環境に対する反応一

ねらい

アルテミアの 1 世代にはどのような過程がみられ、それは環境条件の変化でどのような影響をうけるだろうか。また個体の刺激に対する反応も調べる。

研究経過

6月11日・班長中心に全員で研究のねらい、研究事項、研究計画について話合う。

6月16日・実験器具等の準備と乾燥卵の孵化率に対する塩分度の影響について予備実験の開始。

7月3日・予備実験の結果から孵化率の悪いことについて検討。海水の比重、pH の測定実施、乾燥卵を新しくしたり、方法の改善を行う。

7月16日・夏休みの利用について話合い。休み中の前半、後半それぞれ 4 日づつ 1 日 1 ～ 2 時間塩分度と孵化、pH と孵化を中心に実験。後半孵化個体の飼育開始。

9月1日～9月27日・孵化に対する水温の影響、孵化個体の内外の形態および走性の実験。

10月6日・指定時間に研究報告提出

主な器具、薬品と材料

顕微鏡・解剖顕微鏡・恒温槽・pH 測定器・温度計・光源・比重計・エアーポンプ・冷蔵庫・ドライアイス・エチルアルコール・NaCl・ガラス器具・アルテミア乾燥卵

結果

(1) 乾燥卵の孵化に対する塩分度、pH、温度の影響

(a) 塩分度と孵化率：温度 25℃ の恒温槽を用い、1 回につき 50 個の乾燥卵について各種濃度の海水中での孵化率を時間を追って調べた。海水は通常比重 1.025 といわれているが、柏崎海岸の海水は比重 1.019 だったので NaCl を加え比重 1.025 にしそれを 100 % 海水とし、さらに比重を測定しつつ蒸留水や NaCl を加え 33 %、50 %、150 % 海水を作った。孵化は 200 % 海水の場合を除いてはどの濃度でも認められ、孵化率は時間経過とともに上昇した。72 時間後の孵化率は 50 % 海水で 96 %、150 % 海水で 40 %、100 % 海水で 10 % で 50 % 海水の場合最も孵化率が高かった。

(b) pH と孵化率：最も孵化率の高い 50 % 海水を用い、HCl、NaOH で pH 3.0、7.0、10.0 の海水を作り（柏崎海水 pH は 8.4）25℃ において孵化に対する pH の影響を調べた。

表 6 暗反応の実験結果

材料		ドクダミ	シロツメクサ
糖液			
シ	糖	+++	++++
麦	糖	++	+++
乳	糖	—	—
ブドウ	糖	+	±
果	糖	+	+
水		—	—

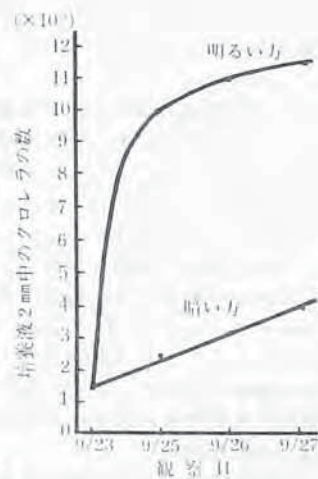


図 2 光の強さと個体数変化

度た結果は図3に示した。

孵化率は pH 7.0 以上のアルカリ海水で高く、酸性海水では低く、pH 3.0 では孵化は認められなかった。文献によると幼生は pH 8.7 を、成体は pH 8.0 を好み、pH 6.0 以下では生息できないといわれているが、孵化率に関してもほぼこの結果と一致する傾向がみられた。

(c) 水温と孵化率：恒温槽と冷蔵庫を用い、水温 8℃、25℃、30℃ の 50% 海水中での孵化率を 24 時間ごとに時間を追って調べた。96 時間後の孵化率を見ると、25℃では 85% であったが、30℃では 45%、8℃では孵化率は認められなかった。また孵化率の時間経過にともなうよう上昇の様子は、25℃の場合双曲線状上昇、30℃の場合 S 字状上昇の傾向がみられた。

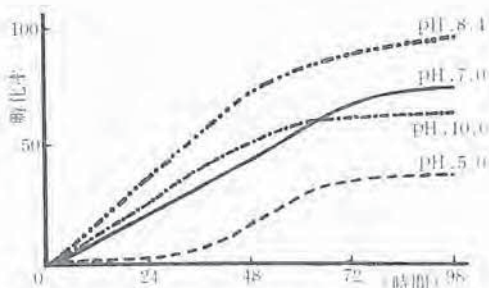


図3 孵化に対する pH の影響

(2) 孵化個体の飼育および形態

(a) 孵化個体の飼育：正常海水を用い、食物としてドライイーストを少量与え空気を送りつつ水温 25℃で飼育した。しかし成長が悪く、管理の不十分さ、むづかしさもあって期間内に完全に成体まで飼育することができなかった。そのため成体から採卵し、発生過程を観察するという計画を成しとげることができなかった。

(b) 孵化個体の形態：孵化後 1 週間以上飼育した体長 2 mm ほどの個体を検鏡すると、複眼、第 2 触角、腸管、心臓、えらなどを認めることができる。心臓には胸部から腹部にかけ 3 対の心門がみられ、はく動数は 30～50 /min であった。また幼生の段階で雌雄を判別する場合、図4に示したように第 2 触角の形態に注目すれば良いことがわかった。

(3) 浸透圧調節

口から取り込まれた海水は腸管で吸収され、余分の塩分はえらから排出されているとの予想のもとに、個体をメチレンブルー海水に 1 時間入れてみた。その結果腸管が青色に着色され、ぜん動運動が良く観察された。また個体を高張海水に入れるとえらの運動が激しくなったことから浸透圧調節に関する始めの予想がおおむね実証された。

(4) 走性

(a) 走光性：ピーカーの中央に小孔をあけた仕切りを作り、仕切り的一方を暗くし、他方を明るくしておき暗くした方に個体を入れておくと、1 分後に約 60% の個体が小孔を通して明るい方に集り正の走光性を示したが、照度を変化させた場合などの実験は時間的にできなかった。

(b) 走化性：海水中に孵化個体を入れ、上層にアルコール層を作り走化性を調べたが、アルコールに対しては負の走化性を示した。装置と方法を工夫することにより多くの化学物質に対する反応を調べることが可能なことがわかった。

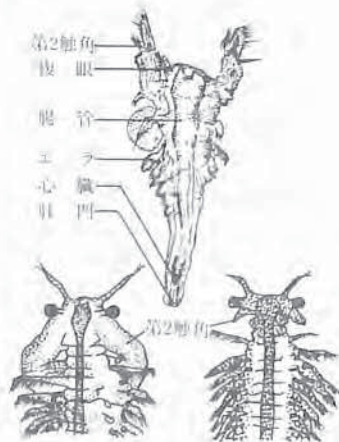


図4 孵化個体の形態

教師の評

男 5；女 1 の 6 名グループであったが、研究に積極的に取り組んだ生徒は限られ、計画を完全にしえなかった一面もあった。しかし文献をよく調べ、結果も図表を用い要領よく発表した。

テーマ5 加茂山の植生調査

ねらい

私たちの身近かにありながら、あまりよく知らない加茂山を植生調査を通じて、その生態系を調べるとともに、土壌の性質、気温、地温も調べ加茂山の存在意義を考える。

研究経過

- テーマの決定と班編成(1) ○研究計画の立案(1) ○予備調査(2) ○加茂山に関する資料の収集(1) ○林冠（スギ）と亜高木の組合せによる加茂山の植生分布図作成(1) ○分布図にもとづき植生の異なる7地点を選び、各地点で次の項目について調査する。②林内微気候（気温・湿度・地中温度）(1) ③土壌の性質とpH(1) ④植生（高木・亜高木・低木・草）・被度および層状構造の調査(5) ⑤1m×1mのわく内の植物の種類と本数(3) ○植物標本の作製と同定(6) ○調査結果のまとめと発表(3)

器具・薬品と材料

加茂山の地図・くい・ビニールテープ・巻尺・土壌pH測定器・温度計・湿度計・胴乱・根掘り剪定鋏・テープ・野冊・植物図鑑

結果

(1) 加茂山の概要と植生分布図

加茂山は、駅から徒歩で5分、市街地に続く丘陵地15.35ha（尾根沿いの地を含めると40ha）の風致林、野鳥保護林で樹齢300年以上の老杉数百本がうっそうと繁っている。

昭和36年9月の室戸台風のため、百数十本の老杉が倒れたが、昭和38年、都市自然公園の整備計画により公園化され、さらに昭和41年、この地に群生するユキツバキが県の木に指定された。わが班はこのような加茂山を林冠と亜高木の種類により分布図（図5）を作製し、植生調査地点を7か所定めた。（図5A～G）

(2) 7地点における植物群落調査

各地点ごとに、層状構造、被度および構成種を調べ、結果を図表にまとめた。

調査地 C スギーユキツバキ群落 調査日



図6 層状構造および被度

A・B・D・E・F・G地点の調査結果は省略する。

(3) 7地点における草本の被度 ()内は1m²に生育する植物の本数

割合の求め方 $\frac{\text{その種類の本数}}{1\text{m}^2\text{に生育する植物の本数}} \times 100$

A スギ群落

ワラビ (62) 69.4

キンミズヒキ 29.0

チヂミザサ 16

B スギーモミジ群落

チヂミザサ (51) 29.4, シシガシラ 25.4

ガンクビソウ 11.7, アメリカセンダング

サ 11.7, カンアオイ 11.7, クサアジサイ 11.7

C スギーユキツバキ群落

チヂミザサ 41.4, クサアジサイ

34.5, ツルアリドウシ 17.2, シ

シガシラ 6.9

D・E・F・G地点は省略する。

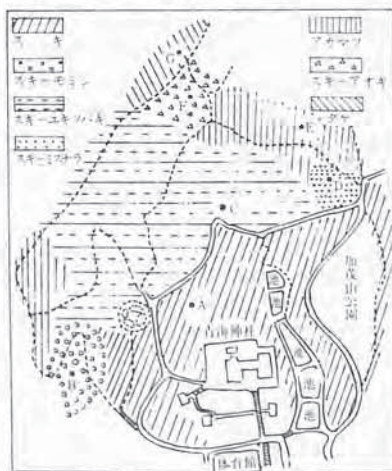


図5 高木ー亜高木の組合せによる植生分布図
昭和50年9月3日

表7 構成種

	植 物 名
高 木 層	スギ・クリ・ヤマモミジ
亜 高 木 層	オオバクロモジ・オクチョウジザ クラ・ムシカリ・ミズナラ
低 木 層	ユキツバキ・ヤマウルシ・ミズキ・ ヒメアオキ・モミジイチゴ・カント トウマユミ・サルトリイバラ・エゾ アジサイ
草 本 層	チヂミザサ・ツルアリドウシ・クサ アジサイ・シシガシラ・ショウジョ ウバカマ・ミゾシダ・ナガハシスミ レ・イスワラビ

(4) 7地点の林内微気候および土壌pH

地点 気候	A	B	C	D	E	F	G
気温 ℃	30.0	28.0	24.0	24.0	23.0	22.0	24.0
地温 ℃	23.5	23.0	23.0	22.5	24.0	22.0	23.0
湿度 %	55	74	82	81	72	72	82
土壌 pH	5.4	5.4	5.6	6.2	6.2	5.4	5.0
調査時間	am. 8.20	am. 8.30	am. 8.10	am. 7.50	am. 7.35	am. 7.20	am. 7.05

調査日 9月3日
地温 地中20cmの所
蒸留水 pH 6.0

まとめ

加茂山は、全体的に高木の被度は約50%で大部分はスギで尾根沿いにわずかにアカマツ林や竹林がみられる。小さな丘陵地のわりに複雑な地形で変化に富んでいる。全体的に人の手がかえられているが、特に青海神社を中心としたスギ群落やスギ・モミジ群落は手入れがいきとどいている。代表的なスギ・ユキツバキ群落は、広い範囲に分布し高木の被度は、40～50%でユキツバキを中心に低木の種類が多く、生育もよい。しかし草本の占める割合は少ない。……略……

このような加茂山は市民の“いこの場”であり、私たちは今、調査を終えほっとしたと同時に森林の機能の重大さを知り、自然保護について考えなければならないと思っています。

教師の評

調査が進むにつれ、地元の加茂山という意識が強くなり郷土愛が生じるとともに、加茂山の存在意義や自然保護の意義を考えるようになった。夏休み、放課後等も全員で協力調査し、また市の図書館で文献調べするなど資料豊富なわりに、考察内容が乏しいのは、限られた時間内で生徒との十分な話し合いができなかったためと思われる残念である。また、植物標本の作製や分類が雑になり、その指導性の難かしさを感じた。

テーマ6 植物の成長とホルモンの関係

ねらい

オーキシンによって支配される現象を観察し、離層形成がどのようにおこり、またオーキシンがどのような関係をもっているのであろうかということを調べる。また子葉鞘屈性がオーキシンにより、どのような影響を受けるのであろうかを調べる。

研究経過

- テーマの決定と班編成(1) ○研究計画の立案(2) ○予備実験(3)

(A) コレウスの実験

- コレウスの播種(6月18日)、育成(6対目の葉ができるまで、9月5日まで)
- 実験Ⅰ(オーキシン濃度、温度の違いによる成長および離層形成について)
 - 4対目を対象に、その対の葉身の長さを測り、その差が1cm以内のもの6個を選びだし対になっている片方の葉を切りおとす。(0.5)
 - 6個のコレウスを室温(A・C・E)と低温〔冷蔵庫の前面にアクリル板をはる〕(B・D・F)に分け、ABにはオーキシン濃度1/10、CDには1/100、EFは未処理にし、朝、昼、放課後の1日3回つけ、その時、葉身と茎の長さを測定し記録する。(0.5)
 - 14日間、落ちた葉の部位とその日を記録する。(7)
- 実験Ⅱ(オーキシン濃度と成長および離層形成について)
 - 実験Ⅰ同様コレウスを8個選びだし、室温のみにし、a bには1/10、c dには1/50、e fには1/100、g hは未処理とし実験Ⅰと同様に14日間観察を続ける。(7)

(B) カラスムギの実験

- 殺菌したオガクズをペトリ皿に入れ、芽出しをしたカラスムギの種子を規則正しく並べ、その上に1cmの厚さにオガクズをかぶせ、暗室の赤色光Fに4日間置く。(1)
- 寒天1.5%、0.75%の2種類をつくる。(寒天1.5%とは水600ccに寒天9gを溶かしたもの)。土台用は1.5%、各々実験用寒天を2mm立方体に切り、各々のオーキシン濃度に2時間つけておく。
- カラスムギ2～3cmに伸びたところで暗室より出し、子葉鞘の先端から5mmのところメスを入れ、ピンセットで子葉鞘を傷つけないように子葉をぬく。(1)
- 寒天を土台にしたカラスムギの子葉鞘上にくっつけるように置き、暗室に90分置いたのち屈曲度を調べる。(1)

器具・薬品と材料

メスシリンダー・ビーカー・脱脂綿・オガクズ・ペトリ皿・ピンセット・メス・分度器・ものさし・寒天・インドール酢酸(IAA)・コレウス・カラスムギ

結果

A コレウスの実験

（成長に関する実験について）

(1)オーキシン濃度，温度の違いによる成長への影響

表 8 のとおり，オーキシン濃度 $1/10$ では室温の方が成長よく， $1/100$ ，未処理では低温の方が成長がよい。また葉身は，4 対→5 対→6 対と上部位程よく成長していた。

(2)オーキシン濃度と成長について（表は略す）茎は $1/10$ ， $1/50$ ， $1/100$ ，未処理の順に成長はよいが葉の変化に規則性はなかった。

以上の結果から，温度による成長の違いがはっきり現われなかったのは，

アクリル板を張った冷蔵庫の温度変化が大きかったことと，コレウスの種類の違いによるものと思われる。しかし各グループとも，上位の葉身程成長したのは，若い葉程オーキシンの濃度に敏感に反応するものと思われる。また茎においては濃度が濃い程成長がよいが，葉では $1/10$ 濃度では逆に成長が阻害されることから，葉・茎で作用する最適オーキシン濃度が違うことがわかった。

（離層形成に関する実験）

オーキシン濃度に関係なく，全て室温の方が離層形成が早かったのは予想外だった。全般的に葉柄だけ残した方が，葉をつけておいたものより早く離層を形成した。この時，葉柄につけたオーキシンは対になっている葉身に移動し影響するものと思われる。また $1/100$ 濃度が最も離層形成に効果あり $1/10$ では，成長そのものを阻害するため葉全体が枯れる傾向がみられた。さらに個々のコレウスでは，頂芽より遠い下位の方が離層形成が早かった。

B カラスムギの実験

図 7 のように寒天 0.75% の方が 1.5% より屈曲度が大きくオーキシン濃度 10^{-5} の方が，屈曲度が大きかった。

教師の評

チームワークは抜群によく，女生徒の班らしく根気よく実験・観察を続けた。しかし創造性に乏しく，実験書の内容から脱皮できなかったのは残念である。またコレウスの播種が遅れ，夏休み中，各家庭に分散して育てたため成長に差ができたこと，個体数が不足したこと等で，やや精密さにかける結果になってしまった。また夏期における低温を要する実験は現施設では難しいと思われる。さらに，オーキシンがなかなか入手できなかったことが実験を遅らせてしまった。

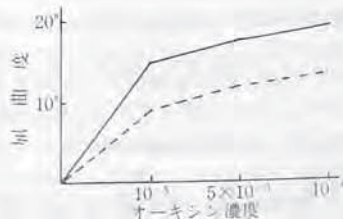


図 7 オーキシン濃度による屈曲度

4 生徒の感想のまとめ

課題研究が終了した時点で，次にあげる項目を骨子として約 15 の項目について生徒の自己評価をおこなった。このうちの主たる内容についてまとめると次のようである。

(1) 研究テーマの決定について

なぜそのテーマを選んだのかという理由については，中学校以来現在まで実験してみたことや，日常疑問に思っていたことの中から興味のあるテーマを選んだ者が多い。既習した生物Ⅰの内容について確かめてみたいという動機を持つものもいた。また自分達の「ふるさと」の自然についてもっと深く知りたいということで地域の自然を研究対象にしたグループもあったが，大変望ましい事例であろう。

しかしこの時点における生徒の悩みも多い。限られた時間内で，どの程度のレベルまで研究を深めたらよいのか，またそれに伴う生物の種の同定や，実験操作など自分達の力量からしてどの程度やれるだろうか大きな不安を持つ者が多かった。

(2) 研究計画の立案について

ほとんどが教科書・参考書・実習書など文献を手がかりとして研究の見通しを立てている。具体的な実験条件の決定や調査の方法については、この段階で予備実験や予備調査をした熱心な班もあった。

研究を具体的に推進するため、班長を決め実験項目別に各自分担するという体制をほとんどがとった。

(3) 実験観察の実施について

室内実験、野外調査とも、班全員がうまく協力できて、概ね予想された結果を得たと大方の生徒が述べている。しかし実験条件をうまく見つけられず、はっきりした結果を出すのになんども失敗したこと、器具の不足からくりかえし実験ができなかったこと、実験材料が夏期に不適だったこと、低温制御の難かしさ、課外時間に全員揃えなかったこと、銅膏がむづかしかったこと等、苦しかった事例の記述が多かった。

(4) 研究のまとめの段階について

データの数値がバラつき、信頼性に少し欠ける点もあったが、予想や文献と一部異なる結果も、材料、実験条件、方法の違いから、あり得ることでないかと肯定している。実験結果から新しい疑問が生れたが、それを解決する時間的ゆとりがなかったことを残念がっている者もあった。またこの段階で、生徒会、文化祭準備などで、充分話し合いができなかったグループもあったようである。

(5) 課題研究をしたことの意義について

授業だけでは学べない日常の疑問についても課題とし、受け身ではなく自ら積極的に探究しなければならなかったこと、長期間実際に生物に接し研究のむづかしさと苦労を味ったこと、また結果から結論や法則性を導き出すことの難しさを知り、科学者の偉大さが改めてわかったことなど一番多く記している。また高校時代に授業の一環として同じ仲間どうしが協力して自主研究をなしとげたことのすばらしさがとても嬉しいこと、友人や先生と一所懸命に討論しながら結論を出したことなど別な観点から意義を感じている生徒も多かった。また自分達の地域の自然についての研究はとてもやり甲斐があったこと、その発表を聞いて級友達も大変関心があったことなど特記したい感想があった。

しかし全体から見ると非常に少数ではあったけれども否定的な意見も無視できない。即ち、放課後や夏休みまで使ってやったが、その割にむくいが少なく、むしろ授業をやってもらう方が受験をひかえて能率的だったのではないかと、研究内容より授業内容の方が受験に必要なのだからとか、われわれのやる実験は参考書などをみればおよそわかるのだからこの研究の意義はあまりなく、もしあるとしたら級友と協力することぐらいだろうとか、きわめて現実的なとらえ方をする生徒もあった。また一方、班の協力どころか、私の場合かえって気まずくなったなど、班編成で考慮すべき点についている生徒もあった。

(6) 来年以降、後輩の課題研究にあたり改善すべき点はないか。

まず時期については、3年の1学期中に完結するよう実施して欲しいとするのが特に多かった。更にできるだけ授業時間中に実施できるようテーマの選定、立案をすべきだとの意見もあった。文献調べ、予備調査、季節と実験内容の関連などから計画立案は本年度より早めた方がよいとする声が多かった。

班編成に関しては、人数を平均化しないでテーマに応じて決めた方がよいとする意見があった。また生物や器具、薬品など自主的にきちんと管理させること、責任ある研究分担制が大切だとしている。

発表会に関しては、発表のみに終りがちだが、質問や討論の時間が是非あった方がよいとしている。

最後に当然のことながら、装置・器具の数を多く揃えること、精密な測定器具が欲しいことなど希望を述べていた。

5 考察

(1) カリキュラムへの位置づけについて

生徒に探究の経験をさせることを、課題研究の第一のねらいにあげ、カリキュラムに位置づけて、あくまでも生徒の自主性、自発性を尊重することを基本方針として指導してきた。このねらいについては生徒自身がアンケートの中で「課題研究の意義」を明快に答えており、当初予定した実施の意図はじゅうぶん達成できたと考えている。

また、班を単位とした共同研究の形態で進めたことも生徒自身に得がたい教訓を与える結果になった。だけでなく、教師との接触の機会も増し、課題研究終了後も研究室へ積極的に質問に訪れるようになったこと、授業中でもグラフや表からの読みとりや見方が鋭くなったなど、顕著な変化があった。実施の時期については、今年は本研究の開始がおくれたこと、われわれにとっても初めての経験であることなどから、全般的におくれたが、大学受験を目前にひかえた三年生にとっては、できるだけ早く終わってほしいという要望のでるのも、もっともであるし、また一方、あるていどまとまった時間のとるように考える必要もあり、結局、一学期早々に開始し、夏休みをはさんで9月中にすべて終わるのがよいと思われる。

所要時間数は、当初予定した10時間を越え13～14時間になったが、今後は用意するテーマに工夫をこらえ、また個々のテーマの問題点や事前に用意すべきものも明らかになってきたので、11～12時間の授業時間を当てれば実施が可能になるであろうと思われる。しかし、課題研究の性格上、継続観察が重要であるし、途中で中断できない実験もあるので授業時間外の昼休み、放課後、夏休みなどの利用も一定程度予定に入れなければならないので、このことから生じる問題は今後に残されよう。

研究テーマのきめ方について

生徒の課題研究として取り上げるテーマは、探究のフルコースを経験させるというねらいや、カリキュラムに位置づけて授業の一環として実施するものであること等を考えれば、所定の日程内である程度指導することが望ましい、というのがわれわれの立場であった。実施してみて、時期と材料の関係や予備実験の失敗などから、結論がはっきり出せない班もあったが、今後は、テーマの選定や指導の改善で、ぜひ完成の喜びが味わえるようにさせたい。

このための対策として、事前にテーマごとの問題点を教師が知る必要もあるので、6～8のテーマを準備し、そのうち1～2テーマずつを毎年新しくして、教材としての課題研究を開拓していくのもよいであろう。また、地域の自然に触れる研究テーマには生徒の関心が非常に高いので、今後ともぜひ取り組んでいきたい。

テーマのきめ方については、生徒の能力のほか、施設、設備、器具、薬品等いろいろな要素が関係するので、生徒の自主性をできるだけ尊重するという立場から、現情では本年度の方法がもっともよいと思われる。

研究の指導について

自主性の尊重を基本的態度として臨んだことがよい結果を生んだことは先に述べた。しかし、研究を所定の期間内に完成させるためには、計画の段階から研究全体を見とおして、研究の方向や手順を誤らぬように注意する必要がある。また、早い時期に中間報告を提出させ、研究の軌道修正をさせることも有効な手段であった。

評価について

課題研究はカリキュラムに位置づけ、授業時数も14時間もあてるなど、授業の中でも占める比重が大きいので、評価の結果を学期成績に組み入れることにした。このことが、生徒を刺激し熱心にさせたことも確かである。評価のため4つの資料を用いたが、個人別の反省は参考になるところが多かった。

これは教師の授業中の観察とよく一致し、自分自身の協力度、貢献度が正直に述べられており、本人の自覚を促すためにも有効であった。

(5) 問題点

a 授業時間をあてるほかに、放課後や夏休みを利用した自主的な活動にまたなければならないこと。

この点については、生徒の側では運動クラブや生徒会などの課外活動の時間との関係が問題になり、学校管理の上での問題や、教師の指導時間の問題も残されている。これらについては、学校ごとの事情も違うので、各学校の実情に応じて方策を講ずる以外にはないようである。

b 施設設備が課題研究むきにできていないので、実施上無理が多い。

通常の授業が行われる中で、いくつかの班の継続研究の場所を確保したり、実験のセットをそのつど組立てるなど不便点が多い。しかし、現状ではこの点についても各校の実情にあわせて研究テーマを用意する段階で考慮する以外にないが、逐次改善を要する課題である。

c 消耗品費が今までより多くかかる。

新しい実験も多いので、最初の年は止むをえない。この点についてもbと同じ処置が必要である。

d 受験勉強との関係

受験を考えた場合、課題研究が直接どれだけ役に立つというものではない。また、たとえ入試の方法が改善されても、今後急に有利になるとは思われない。しかし、長い目で見た場合、友人との協力の経験や、自然あるいは科学を見たり考えたりする場合に支えになるものを得ることができたという意味では大切ではないか。

e 班編成の共同研究がはたして最上のものか。

施設設備がじゅうぶんで、選択者が少いなら、個人別の希望を生かした研究もできるだろうが、それは理想であろう。むしろ、選択者が多い場合などは、同一テーマについて個人別に研究させ、レポートを提出させる方法もあろうし、そのほかにもいろいろな方法があってもいいのではないか。要は生徒がどれだけ主体的に意欲をもってとり組むかで決めるのだから。

おわりに

新しく生物Ⅱにとりあげられた「課題研究」の指導について、4月以来共同討議を重ね、実践的に研究してきた。いくつかの重要な問題点は未解決のまま残ったが、生徒の探究への意欲、研究をなしとげた喜び、今まで観念的に理解していた教科書中の生物事象への新たな疑問など多くを発見することができて、課題研究の意義を改めて認識した次第である。

来年度以降、課題研究をとりあげる学校がかなりあるようだが、われわれの研究がいくらかでも参考になれば幸いである。

最後に、この研究を進めるにあたって、大変お世話いただいた県立直江津高等学校長霍間新一先生、県立柏崎高等学校長田啓三先生、県立加茂高等学校長饒村正平先生、ならびに各校生物担当の先生方に御礼申し上げる。